

鋼矢板による小口径円形立坑 (その2：立坑変位・支保工応力の計測と検証結果)

東京電力(株) 正会員 ○前原 健治 東京電力(株) 正会員 高瀬 正司
(株) 奥村組 正会員 庄司 和矢 (株) 奥村組 正会員 根来 将司

1. はじめに

東京電力では、地中送電管路新設工事のシールド発進立坑として、工事費削減と工期短縮の観点から鋼矢板による小口径円形立坑を採用した¹⁾。リング支保工による円形立坑は切梁が不要でシールド工事に必要な開口を確保しやすく、支保工の断面力が軸力卓越となることから効率的な構造となり得るが、その反面荷重や形状の不均一性による影響を受けやすい。そのため本工事では土止めの変位と支保工の応力を計測しつつ施工を行った。本稿では計測結果を踏まえた設計モデルの妥当性と工法の適用性について報告する。

2. 立坑の設計

本立坑の構造図を図1に示す。支保工は3分割されたH-300のリングビームである。本工法の土止め設計には一般的な弾塑性法を用いたが、リング支保工については確立された設計法がないため、『ライナープレート設計・施工マニュアル』に準拠して設計した。これは、リング支保工に半径の1%相当の初期たわみを与え、土止め設計で計算される支保工反力を等分布荷重としてリング周囲から加えたときの軸力および曲げモーメントに対する安全性を照査するものである(図2)。

3. 計測方法

1) 変位計測

立坑から800mm離れた位置に埋設したコアチューブ内に埋設型傾斜計を設置し、土止め壁の水平変位を推定した。

2) 応力計測

ひずみゲージを用い、各リング支保工(H鋼)の円周方向応力を計測した。ゲージは分割された各支保工の midpoint に設置し、1箇所あたりフランジ下側の内面2箇所、1リングあたり合計6点とした。計測はリング支保工の設置直後(掘削前)から開始した。

4. 計測結果と検証

1) リング支保工応力(深度方向)

リング支保工に発生した軸応力の深度方向分布を図3および図4に示す。ここで設計値とは、現場近傍における既往のボーリングデータ等を参照した物性値を用いて計算したものである。これに対し再計算値とは、以下の2点について設計条件を現場での調査結果に整合させたケースである。

- ①地下水位：近傍の観測井戸による計測結果から当初設計より3m低く設定
 - ②地盤改良部剛性：底盤改良部の変形係数測定結果から原地盤と同等に設定
- また、剛性3倍、5倍とは、再計算値の条件に加え、鋼矢板の断面係数をそれぞれ3倍、5倍としたケースである。

実測値は設計値および許容応力度 $210(\text{kN}/\text{mm}^2)$ を下回っており、構造上の安全を確認できた。しかしながら、実測値と設計値は値の大きさならびに分布性状が大きく異なる。一方、土止め剛性を向上させた計算結果は実測値に近づいており、特に剛性5倍のケースが近似した。

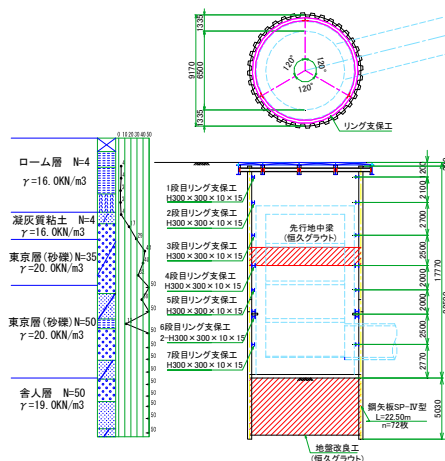


図1 円形立坑構造図

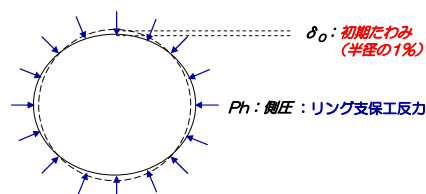


図2 リング支保工設計モデル

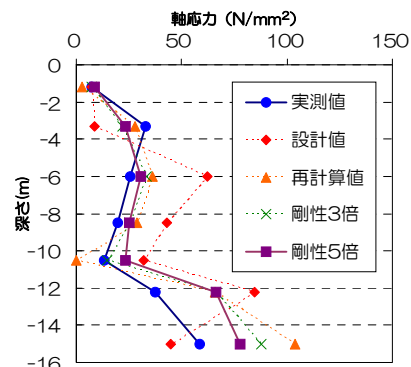


図3 応力分布(掘削完了時)

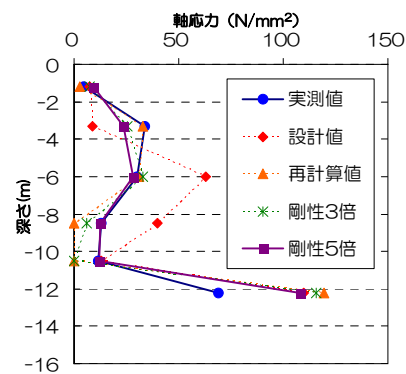


図4 応力分布(最下段梁撤去時)

キーワード 円形立坑, 鋼矢板, 小口径, ライナープレート, リング支保工

連絡先 〒108-0023 東京都港区芝浦 4-19-1 東京電力(株)送電建設センター TEL 03-6374-1252

2) リング支保工応力 (円周方向)

リング支保工の実測曲げ応力について、各測点での同一リング内での円周方向のバラツキ (図5) には、とくに規則性が確認できなかった。その要因としては、土止め施工誤差、ひずみゲージの計測誤差、偏土圧が考えられる。

一方で、各測点における軸応力の大きさと、それに対する曲げ応力の関係に着目すると図6のようになる。これを見ると軸応力に対する曲げ応力の比は最大80%となっているが、軸応力の増加に伴い曲げ応力の占める割合は低下し、支保工設計に支配的となる6, 7段リングでは40%以下となる。これは前述のリング支保工の設計における初期たわみの大きさとしては1%以下に相当する (図7)。実際の初期たわみは0.2%程度と小さいが、荷重や形状の不均一性等によって生じる曲げ応力相当を見込んで設計する場合、リング支保工の初期たわみを1%として設計する方法は概ね妥当と思われる。

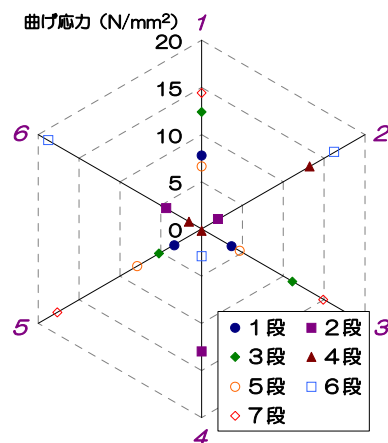


図5 支保工応力分布 (円周方向)

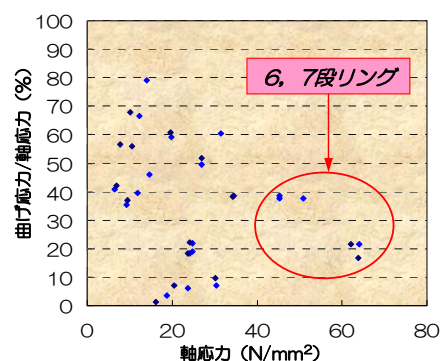


図6 軸応力に対する曲げ応力の比

3) 土止め変位

土止め変位の設計値および計測結果を図8に示す。これを見ると支保工応力と同様、実測値は設計値を大きく下回っていることが分かる。また、リング支保工応力と同様に土質条件や地下水位を見直し土止め剛性を上げて再計算した場合、上部の変位分布は近似するものの、下部のピーク位置の乖離は依然として大きい。

一方で、土止めの打設状況などから傾斜計の実測値は、土止め下部の変位を的確に捉えていない可能性が高いと判断されたため、7段リング支保工撤去の際、撤去位置 (GL-15.0m) における鋼矢板の内径変化を直接測定した結果を各解析値と比較した。この結果、土止め剛性を3倍とした場合の変位増分とほぼ一致した。

5. 検証結果のまとめ

- ・実測値は解析値を大きく下回ったことから、今回の設計法は充分安全側となっている
- ・リング支保工については、実際の設置精度とは合致しないものの、荷重や形状の不均一性を見込んだものとして初期たわみを1%として設計することは妥当である
- ・支保工応力と土止め変位の実測値と解析値の整合から、土止めについてはリング効果に伴う、剛性の上昇が期待できる

6. 終わりに

参考文献 1) で確認された施工面での適用性と併せ、得られた知見を以下にまとめる。

- ①鋼矢板の円形圧入方法を工夫することにより所要の施工精度を確保しつつ、土止めや支保工の変形量、発生応力上も問題なく施工できる
- ②土止めについては弾塑性法を用い、リング支保工はライナープレートと同様に半径の1%相当の初期たわみを考慮する方法により安全に設計できる
- ③土止め剛性を正しく評価することで、支保工に発生する応力と設計上の地盤変位を合理的に抑制でき、近接構造物への影響面でも優位性が高まる可能性がある

以上より、鋼矢板による小口径円形立坑の有用性は極めて高く、今後のシールド工事への適用拡大による工期・工事費の削減が期待できる。今後はシールド発進立坑として標準化・水平展開を図るとともに、さらなる設計方法の合理化を進めていきたい。

参考文献

- 1) 木下他：鋼矢板による小口径円形立坑築造工法 (その1), 第66回土木学会年次学術講演会, 投稿中, 2011.9

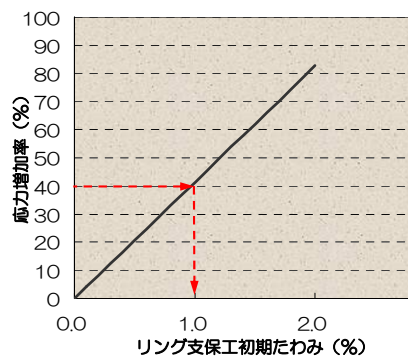


図7 初期たわみと応力増加率

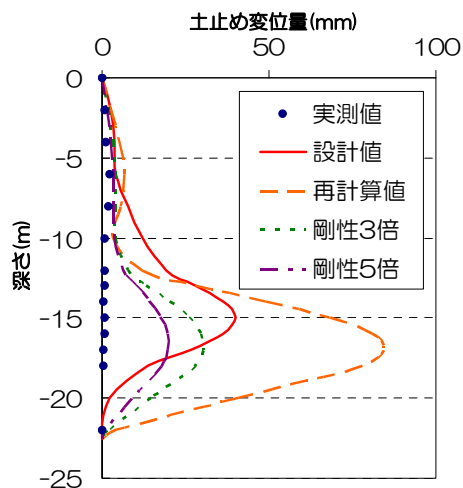


図8 土止め変位 (掘削完了時)